

総 説

自動車部品用ゴム材料の動向

Current Status and Prospects Next Stage for Rubber Material of Automotive Parts

林 秀典 *

1. はじめに

自動車用ゴム部品には、材質・性状・構成・形状・寸法の異なる多様な用途別製品群が使用されている。ゴムは金属や樹脂等に置換できない特異的な性質から自動車部品において「ゴム製品」という独立した製品領域が確立されており、これらはゴム弾性に加え、耐熱性・耐油性・耐候性・耐薬品性等の特性を有したゴム製品として、色々な部位に適用されている。

近年、日本の自動車産業の積極的な海外進出に伴い車両の使用環境もますます多様化してきた。同一部品でありながら使用環境の違い（例えば接触媒体の種類）が実際に起こっており、これまで以上に材料面での信頼性確認が必要となってきた。また、これと平行し環境への取り組みも重要視され、地球環境への負荷を軽減するための技術開発が積極的に自動車メーカー・部品メーカーで行われるようになってきている。

このように、自動車の発展とともに変化する使用環境から、時に大きな機能障害に繋がることも危惧され、今回ゴム材料への理解を頂くため、その概要と最近の技術動向について紹介する。

2. 自動車部品用ゴム材料設計

2-1. ホース類

自動車用ゴムホースは、車両のレイアウト及び取り付け部位の条件から三次元的に曲がった曲管が多いのが特徴である。これらのホースは自動車走行時の振動や衝撃等のためにフレキシブル性が必要となる。ホースの機能はガソリン・ブレーキ

液・冷却液・各種オイル・ガス・エア一等、液体や気体を流通し、フレキシブルに二点間を接合する事を目的としている。従い、ホース内を流通する流体の種類により適用されるゴム材料も多種にわたり、その使われ方、取り付け部位の環境により多種材料を層状に構成していることも大きな特徴であり、ほとんどのゴム材料種が使用されていると言っても過言ではない。

図-1¹⁾に自動車用ゴムホースの種類を示すと大別すると低い圧力で使用される総ゴムホースタイプと加圧状態で使用される補強ホースタイプに分類される。補強ホースは三つの基本的部分からなり、内管ゴムは流通する媒体を保持する役割、補強層（編上糸層）は媒体圧力に耐える役割、そして外層ゴムは補強層を物理的な影響、または環境劣化から防ぐ役割をそれぞれ持っている。

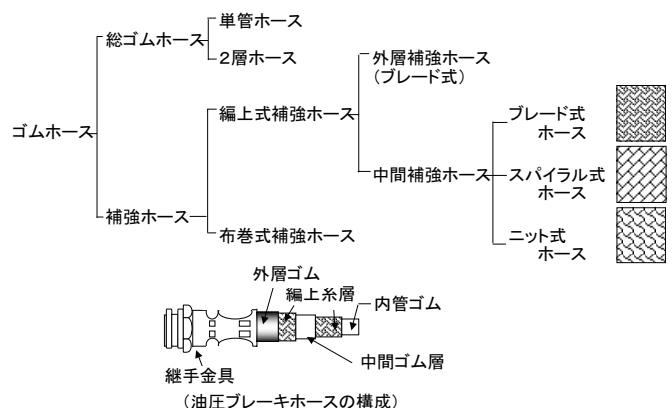


図-1 自動車用ゴムホースの種類

日々進歩していく自動車技術に伴う新規システム・車両搭載環境の苛酷化等への対応や、特に最近では環境への取り組みの観点から、地球環境対策・都市環境対策・クリーンエネルギーとクリー

* Hidenori Hayashi 材料技術部 第一技術室

ン材料及びリサイクル・省資源といった環境保護が叫ばれている。

燃料ホースやエアコンホース等は流通媒体の蒸散を抑制する必要がある、材料としての媒体透過性が材料選択、配合設計への大きな因子となる。

高分子材料の媒体透過性の考え方として図-2にモデルを示す。ここで、ある膜「ゴム」(厚み: L、面積: A) を介して、1→2室(圧力差)へ媒体が透過する時の時間: tあたりの透過量: Qは次式で表される。

$$Q = P \times (A \times \Delta p) \times t / L \quad (P: \text{透過係数})$$

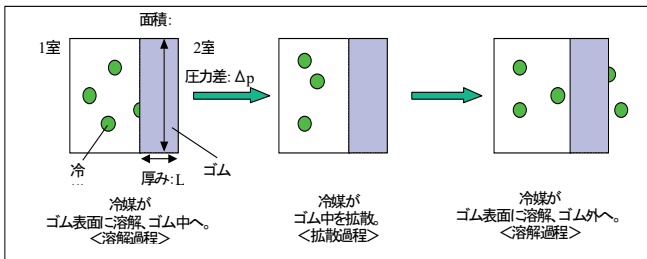
A、 Δp 、L及びtは一定であるため、透過量Qは、透過係数: Pで決定される。

高分子材料の燃料透過性は次式に示す理論に基づいている。

$$P = S \times D$$

S ; 溶解度係数
D ; 拡散係数

溶解度Sは材料のSP値と媒体のSP値によって判断され、拡散度Dは材料中での媒体の移動し易さの指標であり、弾性率が高いほど小さい値を取る事になる。燃料透過性を樹脂材料も含め、図-3に示す。



$$P = S \times D$$

P : 透過係数 S : 溶解度係数 D : 拡散係数

図-2 媒体透過性の考え方

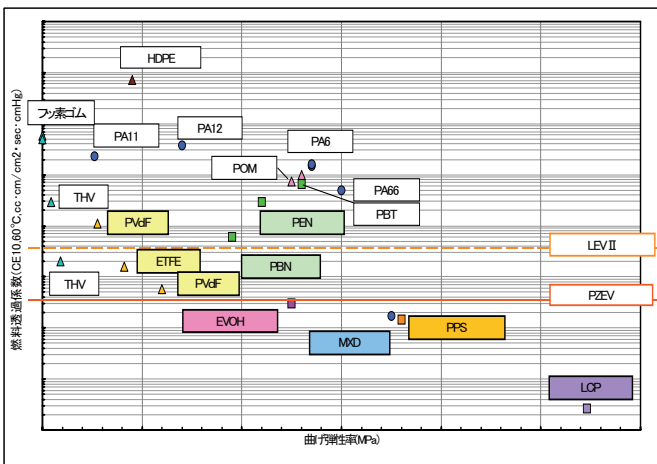


図-3 弾性率と燃料透過性

このようにゴム材料と樹脂材料には透過性に大きな差があり、燃料タンク周りのホースは低燃料透過性樹脂材料ホースへの置換が進んでいる。

また、環境保護に加え今後の技術課題としては、各種燃料動向に適応する材料・製品の選択とその評価方法に注目していかななくてはならない。

例えばアルコール入り燃料といったSP値の大きく異なる混合品の認可、ディーゼル系ではバイオ(植物由来)燃料、サワー化及び燃料温度の高温化への対応を総合的に判断し進めていかななくてはならない。

2-2. シール類

シール類といっても多種多様であるが、一般的には製品内部の流体を外部に漏洩することを防止したり、外部からの流体・異物がシステム内部に侵入するのを防止する目的に使用される。

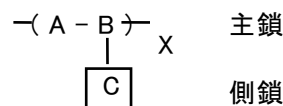
現在ではゴム材料がシール部の主役的材料として使用されてきているが、これは他の材料(樹脂・金属・繊維等)にはないゴム特有の性質(ゴム状弾性体)が適正な接触面圧を長期に維持できることによるものである。シール用ゴム材料は使用される環境温度と密閉媒体に対する耐性が重要であり、従い、耐熱性、耐寒性、耐油・耐液性が重要特性となる。又接触面圧保持の観点から耐圧縮永久歪性や耐クリープ性、動的特性として、疲労性・磨耗性も重要な要素となる。

ゴムの耐熱性は、基本的にポリマーの主鎖成分より決定され、あわせて架橋形態に支配される。

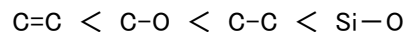
耐油性の支配要因は、ポリマーの骨格とシール対象物との相性による膨潤現象である。図-4にポリマー構造と特徴を示す。

この相性を表す指標として溶解度パラメーター(SP値)があり、ここで互いのSP値に近いほど相性は良く膨潤が大きくなる。

しかし実際には極圧添加剤や酸化防止剤、燃料の清浄添加剤等が含まれており、この成分によりゴムが著しく劣化される場合がある。



主鎖構造: 耐熱性を決定



側鎖構造: 耐油性を決定

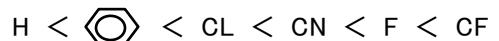


図-4 ポリマー構造とその特徴

2-3. ウェザーストリップ類

ウェザーストリップとは、自動車の車体や窓ガラスに取り付けられ、雨水や騒音に対しシール機能を有し、また車体の振動、ガラスの揺動防止や車体部位の緩衝作用を持っている。

1960年代後半から1970年代にかけSBRからEPDMに変更されてきてから、材料技術・成形技術および製品開発が一段と促進されてきている。また、本来のシール機能に加え、燃費向上を目的とした軽量化が進められている。

環境面からも、マテリアルリサイクルとその高付加価値としてEPDMゴム廃材を利用したTPO（アロイ）化や、これに伴う動的架橋技術が開発されてきた。

軽量化においても、材料の低比重化を狙うためにゴムの配合面からの検討が進められてきたり、樹脂ブレンドによる低比重化を図ってきたが、最近では発泡技術の適用による低密度化として、微発泡ソリッドを一般ウェザーストリップに適用し軽量化を図る技術が確立されている。（表-1、図-5）

表-1 微発泡材料の物性

項目	従来材料	微発泡材料
比重	1.14	0.98
硬度(Hs)	71	69
低伸長応力(MPa)	578	566
引張り強さ(MPa)	11.7	10.5
伸び(%)	430	410

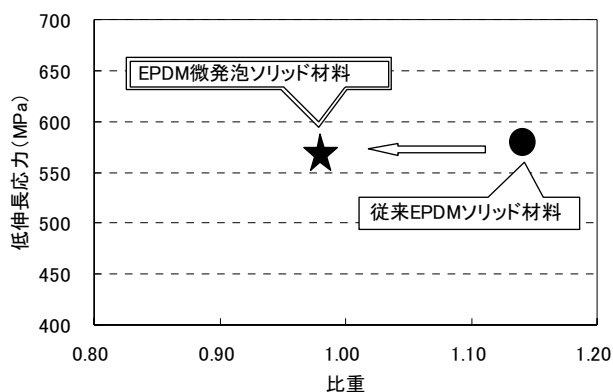


図-5 微発泡材料の特徴

これは、フィラー吸着発泡剤によるゴム中への均一微分散と微発泡化を行ったものであり、課題であった発泡制御については成形時の温度制御等の適正化により、表面スキン層の形成と内部での

均一微発泡制御技術により達成した。

加飾技術としては、意匠面へのファブリック（PET）仕様から発泡TPOカバリングする（ミクロン単位の気泡が微細な凹凸を表面に作り柔らかな質感を表現）ことにより、ファブリック近似の外観が得られリサイクル性向上が図られている。

現在ウェザーストリップでは、耐候性の観点からEPDM材料が主体で一部PVCが使用されるのが一般的だが、廃車後のシュレッダーダスト中の塩素量削減の狙いから、PVCからTPO（熱可塑性エラストマー、特に動的架橋タイプ）への置換が進んでいる。更にリサイクルの観点から図-6²⁾に示すようにゴム材料であるEPDMの一部にも既にTPO化が進んでいる。TPOの構造はPPの海相の中にゴムが島相として存在する事から熱可塑性を示し、同時にゴム層が弾性的な特徴を発現する事が可能となっている。



図-6 オールTPOガラスラン

環境対策も積極的に進められており、表面処理剤では可燃性溶剤系から水系の表面処理剤に置換し、トルエン・キシレンの削減や臭気（溶剤臭）の改善が進められている。

2-4. ゴム製品の使用環境

自動車に使用されるゴム製品は通常の使用環境のみでなく、厳しい予測できない環境で使用されたりする。ゴム材料の物性は力学特性、熱特性、化学特性等数多くあり、それらがポリマー種、配合薬品の種類と量により異なる事を認識しておく必要がある。また、ゴムは動的に使用される機械的ストレスも含めて図-7に示す環境劣化因子による構造変化を生ずる事により、得られる特性が変化していく材料であるとの認識が必要である。

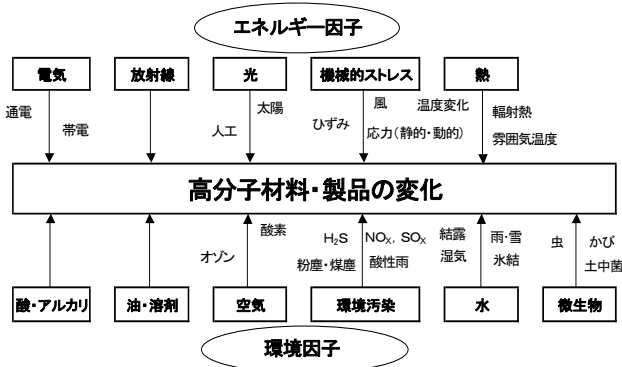


図-7 高分子材料・製品の使用環境

3. 最近の自動車を取り巻く環境

日本の自動車産業はグローバル化と共に急速に成長し、今では米国BIG-3に並ぶ勢いである。これまでの品質向上・信頼性向上・付加価値向上による商品力向上・軽量化・燃費向上・コスト低減に加え環境問題、グローバル化、安全性向上が重要視されてきている。表-2に自動車産業を取り巻く環境問題³⁾を示す。特に環境問題は自動車用ゴム製品に大きく影響を及ぼすものであり、地球環境への負荷を軽減するための技術開発が自動車メーカーや部品メーカーで積極的に行われるようになってきた。環境問題は大きく三つに分けられ、地球温暖化・廃棄物処理・都市大気汚染である。

表-2 環境問題によるゴム材料への影響

環境問題	車両への影響	ゴム部品への影響
1 大気汚染への対応	・ディーゼルパーティキュレートの削減 ・燃料透過量の削減 ・バイオ燃料への対応	・フィルター詰り防止でオイル添加剤変更 ・タンク材質の変更、樹脂ホースの増大 ・エタノール、菜種ディーゼル油への対応
2 騒音低減	・社外騒音から静粛室内へ	・ダッシュインシュレーター等の材質見直し ・軋み音の低減のための表面処理
3 オゾン層破壊の防止	・特定フロンの全廃から温暖化係数の少ない冷媒へ	・低透過ホースへ (さらに将来は非フロン系へ)
4 温暖化ガスの低減	・ディーゼル車の増加(欧州) ・フリクションの低減 ・軽合金、樹脂の増加 ・H-EV車の増加 ・伝達効率向上	・燃料系ゴム材料の見直し ・オイルの低粘度化、添加剤対応 ・線膨脹率差によるシール性確保 ・油圧ホースは減少 ・シリカ配合省燃費タイヤ
5 廃棄物問題(リサイクル問題)	・熱可塑性材料へ ・易解体設計への対応 ・残存灰分の削減 ・ゴムのリサイクル技術	・TPEの適用増大 ・ホットブチルから易解体接着剤 ・ガラス繊維、タルクなどの削減 ・ウエザーストリップのリサイクル
6 有害化学物質の削減	・重金属の廃止(Pb, Cr ⁶⁺) ・VOC,有機溶剤の削減	・加硫剤変更、接着剤の変更 ・有機溶剤、アルデヒド類の削減

3-1. 地球温暖化

地球温暖化対策にはCO₂の発生やフロン排出を抑制することが必要である。CO₂発生源全体のう

ち20%が自動車であり、そのための燃費向上策としてスモールカーやハイブリッド車が登場してきているが、ゴム材料への影響を考えると2002年末に政府が打ち出したバイオマス日本総合戦略による燃料へのバイオエタノールやバイオディーゼル(菜種油メチルエステル)の添加がゴム製品の信頼性を変化させる事が懸念される。同様に代替燃料として、DME(Dimethyl Ether)やGTL軽油等も注目を集めているが、ゴムの膨潤値に大きく影響を与える事が予測され、表-3⁴⁾に示すように材料によっては使用出来ないものもある。フロンの排出抑制については「自動車リサイクル法」や「フロン回収・破壊法」によりその対応はできており、当面は静観できると考えられる。

表-3 ゴム材料のDMEへの耐久性に関する調査

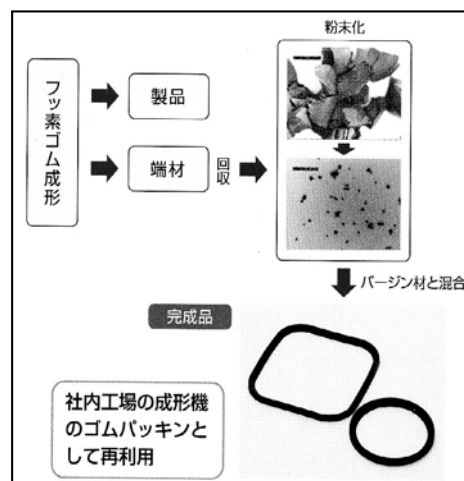
材質	浸漬試験	ガス透過試験
NBR	○~×	○~×
HNBR	○~×	○~×
CR	○~△	△~×
IIR	○	○
NBR/PVC	×	○
FKM	×	○
EPDM	△~×	△~×
NR	△~×	△~×
SBR	×	△~×
VMQ	△	△~×
FFKM	○	○

3-2. 廃棄物処理

自動車部品のリサイクルは「環境配慮型製品開発」そのものとの捉え方をしてきており、これを念頭に「既販車対応」と「新型車対応」に区分し進められている。EUにおける「使用済み自動車に関する欧州議会および閣僚理事会指令」表-4が2000年10月に発効となり、これを受けた形で日本においても「自動車リサイクル法」が2002年7月に成立。自動車メーカーを中心とした関係者に適切な役割が義務付けられた。これらの動向を受け、ゴム材料に関わる技術としては、加硫EPDM連続脱硫技術の量産化やフッ素ゴム加硫端材のリサイクル技術や、端材の削減の観点からコルクガスケットの圧縮成形から射出化への生産技術開発が報告されている。(図-8⁵⁾)

表—4 EU廃車指令概要

項目	概要
対象車種	乗用車及び車両総重量3.5トン以下の商用車
廃使用済自動車の無償回収	2002年7月1日～：左記時期以降登録の廃車が対象 2007年1月1日～：全ての廃車が対象
使用済自動車の回収拠点	EU域に満遍なく設置
リサイクル実行率	2006年1月1日までにリサイクル率80%（熱回収を含め85%） 2015年1月1日までに同85%（同95%）を達成
リサイクル可能率	認証要件として85%（熱回収を含め95%）を達成
有害物質の使用禁止	2003年7月1日からの登録車では、鉛、水銀、カドミウム、六価クロムの使用禁止（特定部品は免除される）
材料マーキング	材料識別のためのマーキングを部品に施す
解体情報の提供	廃車の適性処理に必要な型式毎の情報を発売6ヶ月以内に提供



図—8 加硫端材のリサイクルフロー

また、環境負荷物質の削減として、鉛化合物としてゴムの加硫剤である鉛丹（酸化鉛）の代替、PVCの安定剤・滑材である各種鉛化合物の切り替え等を進めている。一方ゴム材料では脱ハロゲンを目指し、CR（クロロプレン）、NBR/PVC（ポリブレンド）の代替材料開発も進められている。

PVC自体が有害という事はないが、サーマルリサイクルにおいて特殊焼却炉が必要になる事や、ダイオキシンの発生に関与することから、代替材料開発ニーズが出てきている。CR代替技術では、TPO材料を開発、製品化することが進められ、エアクリナホースでのTPO化事例も報告されている。

この開発により脱ハロゲンに加え、軽量化も実現、リサイクル性向上にも寄与する事ができた。

最近では車室内臭気、シックハウス症候群の原因となるVOC（Volatile Organic Compounds：揮発性有機化合物）の削減のため、内装部品の接着剤・粘着剤及び表面処理剤などのトルエン・キシレン・アルデヒド類等の低減に取り組んでいる。

3-3. 都市大気汚染

都市大気汚染に関しては、排気ガスのクリーン化、燃料蒸散ガスの低減といった観点から、燃料系ゴム部品においては先に述べたように燃料低透過性樹脂ホースへの転換が進められている。

また、燃料注入時のガソリンベーパーをカットできるORVR規制対応製品の開発が進んでいる。

各国においては排気に関する法規制が整備され、それに伴い使用材料種や製品構成面からの対応が図られている。表-5に米国加州のエバポ規制、ZEV規制動向、及びこれに伴う燃料系部品用材料の動向について表-6に示す⁶⁾。

表—5 米国加州エバポ規制、ZEV規制動向

	エバポ規制		ZEV規制 最終案
	LEV1	LEV2	PZEV、AT-PZEV
導入時期	95MYよりフェーズイン	04MYよりフェーズイン	05MY
エバポ削減値	2000mg/car/test	500mg/car/test	54mg/Fuel-system/test
ユースフルライフ	10年/10万Mile	15年/15万Mile	15年/15万Mile
認証燃料	Phase2ガソリン (MTBE)	Phase2でスタート Phase3検討中 (MTBE→エタノール?)	Phase2でスタート Phase3検討中
備考	ニューヨーク、マサチューセッツ、バーモント州も加州LEV規制を採用		ニューヨーク、マサチューセッツ、バーモント州が加州ZEV規制に追従の動き

表—6 燃料系部品用材料の動向

主要構成部品		LEV1	LEV2	PZEV/AT-PZEV
フューエルキャップシール		-NBR	-FKM	-FKM
フューエルフィルターホース		-NBR/THV500/NBR/CSM -FKM/NBR -PA11/NBR	-NBR/THV600/NBR/CSM -NBR/THV800/NBR/CSM -PVDF/NBR	-NBR/THV800/NBR/CSM -ETFE/PA12
タンク	タンク本体	-EVOH/リヤ多層 -PA/リヤ多層	-EVOH/リヤ多層	-金属タンク EVOH/リヤ多層+α
フューエルタンク	溶着インレット、バルブ類	-HDPE	PA12GF/変性PE 2色成形 -PA6+PE/PE 2色成形	-部品のインタンク化、モジュール化 -リヤ樹脂/PE 2色成形
フューエルセンサーシール		-NBR	-FKM -GLT系	-FKM
フューエルフィードライン (フューエルホース)		-FKM/ECO -導電ETFE/PA11 -導電PA12/PVDF/PA12	-導電ETFE/PA11 -導電PA12/PVDF/PA12	-導電ETFE/PA11 -導電PA12/PVDF/PA12 -導電PA12/PBN/PA11?
ベーパーORVRライン		-FKM/NBR -PA11,PA12	-ETFE/PA11 -PA12/PVDF/PA12 -PA6/EVOH/PA12	-PA6/EVOH/PA12 -PA12/PBN/PA11?
インジェクターシール		-FKM -GLT系	-FKM -GLT系	-FKM -GLT系

ガソリンや軽油の品質は排出ガスの特性にも影響を与えるものであり、特に燃料の無鉛化や低硫黄化、アロマ分低減等の品質向上が図られている。

近年、CO₂排出量の観点からバイオ系燃料を自動車用燃料として適用する動きがある。欧米等では既に菜種や大豆、さとうきびといった植物由来のアルコールやバイオディーゼルの脂肪酸メチ

ルエステル) が導入されつつある。実際にはガソリンや軽油に混合し使われるものであり、その混合割合により使用される燃料系部品への影響について自動車メーカー、部品メーカーで調査、検討が進められている。

欧州におけるRME (Rape seed Methyl Ester) / 軽油の混合割合は2005年度で2%であるが、2010年にかけて5.75%に増加する計画があり、特にゴム材料では体積膨潤、特定の樹脂においては強度低下(分子量低下)が懸念される。

今後の自動車用燃料の動向が燃料系部品用ゴム材料種の展開に大きく影響を与えていくものであり、新規燃料が材料に与える影響を把握し信頼耐久性を確保したなかで自動車への適合性を図っていくことが重要である。

世界の自動車保有台数は2000年の8.1億台から2030年には15億台前後にまで増加するとの予測もあり、これに伴い排出ガス量も大幅に増加する。

現在最も注目されている中国では、自動車生産台数は2010年には日本を抜き世界第2位の生産国となる。自動車に起因する環境問題も、これからは先進国のみの問題ではなく、途上国へと移り変わっていく事を認識し地球温暖化防止のための取り組みや、排気をきれいにするための技術開発を進めていく事が必要であり、これは製造工程を含めた製品開発時からの環境への配慮を行っていく事が重要である。

また、グローバル化が強力に進められており、その対応にはコスト低減も重要な要素である。これらを両立させた材料・部品構成及び、製品開発が必要となってくる。これらのニーズに対応した原材料動向のうち特筆すべきシーズとしては、ポリマー重合技術としてのメタロセン触媒技術の進展があり量産化が開始されてきた。また、従来には無いモノマーの組み合わせによる新規ポリマーや機能的に異なる材料をアロイ化することにより、背反特性を両立させるなどアロイ材料の開発が進められている。新素材としては機能性充填剤としてナノコンジット用クレイ等の補強材料やカーボンナノチューブ等のナノ技術による高機能化も期待される。

4. おわりに

自動車に使用されている、ゴム・エラストマーの使用量は自動車の重量のほぼ5%を占め、量的には一定である。樹脂部品は増加傾向が続いているが、これまで述べてきたように自動車の使用環境の変化・要求特性の変化(高機能化)から熱可塑性エラストマーが今後伸びることが予測される。

自動車産業を取り巻く環境の変化としては

- 1) グローバリゼーションの拡大
- 2) 地球規模での環境問題
- 3) 高機能・高性能・安全性向上

が上げられる。

これらの環境下において、技術課題はますます高度化、複雑化していくことになるが、限りある資源を大切に、今後も環境に配慮した材料開発に取り組んで行きたいと考える。

参考文献

- 1) ゴム工業便覧<第四版>:
日本ゴム協会 P.816
- 2) 豊田合成:環境報告書 2001(2002) P.20
- 3) 大庭 敏之:自動車の環境問題と最近のゴム部品の話題
- 4) 後藤 新一等:新燃料エンジンシステムの研究
自動車技術 Vol.57.No.2(2003)
- 5) 豊田合成:環境報告書 2004 P.25
- 6) 大庭 敏之:自動車の環境問題と最近のゴム部品の話題